中部地區園藝作物省工農機研發應用

田雲生[1]、張金元[2]、張佳偉[3]、徐逎晴[4]
[1]農業部臺中區農業改良場研究員兼科長
[2]農業部臺中區農業改良場副研究員
[3]農業部臺中區農業改良場助理研究員
[4]農業部臺中區農業改良場技佐

摘要

臺中區農業改良場針對中部地區園藝作物生產管理所需，研究開發許多省工自動化農業機械，以解決勞動力短缺與高齡化問題，並期達成 2040 年農業淨零的目標。本文介紹電動施肥機、電動鼓風式噴霧機、介質碎石分離處理機及穴盤苗移苗機等 4 項研發成果：電動施肥機結合自走、鼓風撒肥功能，提升效率達 4 倍、減碳 71% 及節省能源費用 76%；電動鼓風式噴霧機以全電取代引擎動力，採獨立馬達設計，碳排減少 96.9%，可降低噪音、溫度與振動，並改善操作環境；介質碎石分離處理機應用於文心蘭等盆栽作業，以滾筒迴轉分離碎石與植株，效率提升 3 倍，亦適用於其他盆栽與堆肥篩選；穴盤苗移苗機則針對苗株移植進行開發，可依序達到苗株頂起、夾取、移動及放置的功能，成功率達 90% 以上，提升生產栽培場域之自動化程度。上述農機具顯著提高作業效率、降低人力負擔並減少碳排放；未來應持續優化技術與推廣應用，同時推動產學研跨域合作，鼓勵農民採用電動化、低碳排農機，實現農業現代化轉型與永續發展。

關鍵詞：省工、減碳、電動化、機械化、施肥、鼓風噴霧、移苗。

一、前言

農業部臺中區農業改良場 (以下簡稱本場) 服務轄區涵蓋臺中、彰化及南投三縣市，幅員遼闊、環境豐富，園藝作物之蔬菜、果樹、花卉栽培面積分別占全臺的 17%、27.6% 及 58.7%，是極為重要且具特色的農業生產區域。近年來，農事生產因勞動力外移與高齡化問題嚴重，以及農業部門訂定 2040 年淨零目標，亟需研發應用各類省工、電動機械化以提高作業效率與農產業競爭力。鑑於此，本場針對園藝作物創新研發許多機械化、自動化與智慧化技術，自 109 年迄今累積取得 14 項專利、完成 19 件技術授權案，可示範推廣供相關農友應用。本文謹擇取其中之電動施肥機、電動鼓風式噴霧機、介質碎石分離處理機及穴盤苗移苗機等 4 項研發成果進行介紹與說明。

二、材料與方法

(一)試驗材料：電動施肥機、電動鼓風式噴霧機、介質碎石分離處理機及穴盤苗移苗機研發所需之各項機體結構、金屬及塑膠材料、油氣壓組件、PLC 與電控感測元件、線材及五金零組件等。各類機械試驗量測用計時器、計數器、捲尺等。

(二)實施方法：針對電動施肥機、電動鼓風式噴霧機、介質碎石分離處理機及穴盤苗移苗機予以研發改良，並行機械性能、作業效率等測試調查。

三、結果與討論

(一) 電動施肥機

針對果園撒施追肥所需，試驗開發 1 台手扶自走式電動施肥機 (圖 1)，除供果園行走作業外，亦可兼用於作畦栽培蔬菜園。本機前驅動輪設計採 DC36V*700W 電動輪轂馬達行走，蓄電池容量 DC36V*20Ah，後支撐輪可依果園或蔬菜園使用時快速更換為雙輪或單輪；肥料桶入料口設有防架橋撥桿，避免發生架橋情形，以及鼓風裝置輔助撒肥具有出肥與否、單雙向選擇、肥料出量多寡等三階段調整功能 (圖 2)。經測試結果可知，施肥機最高前進、後退速度分別為 8.4 及 3.2 km/hr，肥料箱容量 60 L，粒狀肥料最大撒施量為 15.8 kg/min、撒施距離 2.1 m，蓄電池充飽電作業時間約為 3 hr。其作業效率較傳統人工負載肥料、手工施肥而提升 4 倍；每小時耗電量約 440Wh，與同級汽油引擎耗油量 0.3L 相比，兩者每公頃碳排量分別為 0.26 及 0.91 kg CO_2e，顯示電動施肥機減碳達 71%；再導入現行電價及油價計算，本機之能源使用費用可節省約 76%。

本項成果係結合電動自走與鼓風撒肥功能之省工農機，已獲得我國新型專利「電動施肥機結構」 (證號 M629841)，並完成非專屬技術授權予「鍵隆機械實業有限公司」進行商品化製作，以及輔導授權業者通過性能測定與 112 年起列入農糧署省工高效及碳匯農機補助牌型，足達成減輕果蔬園施肥辛勞、提高作業效率及節能減碳之效。

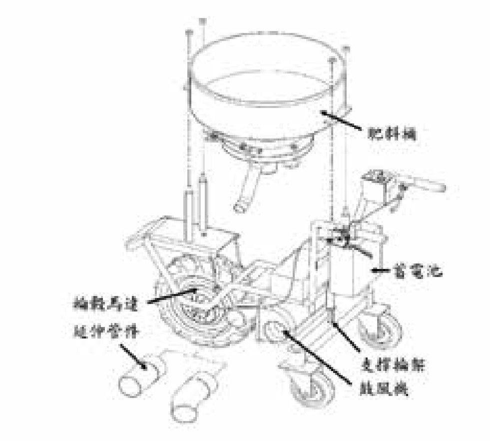

圖 1. 電動施肥機組成架構

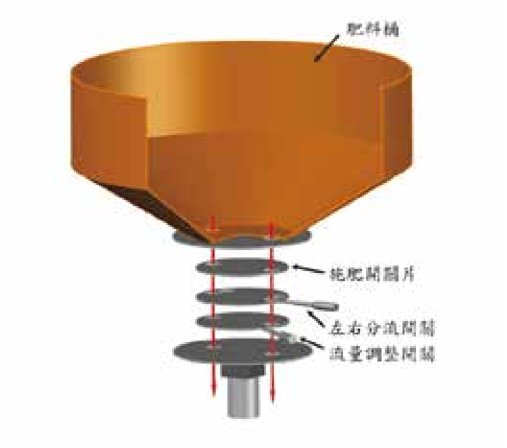

圖 2. 施肥機三階段調整功能

(二) 電動鼓風式噴霧機

鼓風噴霧機為棚架果園中常用之農機設備，其利用鼓風裝置將加壓之霧化藥液均勻散布於作物枝葉表面，可提升農藥防治的效果與效率。因傳統鼓風式噴霧機是由汽、柴油引擎透過皮帶與變速箱組驅動行走、噴霧與鼓風部，使各部分無法獨立調整驅動速度，同時在引擎高速運轉下產生噪音及廢氣排放等問題，為實現淨零減碳目標與建構友善的工作環境，遂以永三源牌 YSY316 型噴藥機為行走底盤，試驗改良一款電動鼓風式噴霧

機 (圖 3)。電動化設計改良之機械採用 7.3 kW 之馬達作為行走動力源，噴霧機使用 3kW 馬達作為幫浦動力，而鼓風風扇則由 3 kW 馬達驅動，蓄電池為鋰鐵電池 4 packs、8.45 kWh、176 Ah 之規格。

本項研發成果為乘坐、電動、鼓風式噴霧機，其行走、噴霧、鼓風各自獨立馬達可穩定整體作業效能 (圖 4)。在電動化與傳統燃油式鼓風噴霧機分別進行 2 ha 之作業，以估算碳排放量，原柴油引擎每小時碳排放量為 127.75 kg CO_2e，而電動化施作後之碳排放量為 3.96 kg CO_2e，碳排減量達 96.9 %，另外改善傳統引擎式之農機噪音值下降 48%、無排放高溫廢氣問題至作業溫度下降 54.2% 及振動量下降 70%。將傳統引擎驅動式之鼓風噴霧機設計改良為電動化機型，可大幅降低碳排放量、噪音、溫度、振動等不良因素，對於人員長期操作下可免受高噪音、廢氣排放與高溫的危害，同時不必仰賴汽柴油等化石燃料的使用，亦可符合環境保護之永續效益。目前完成「鼓風驅動構造之設計改良」非專屬技術授權予「尚龍實業有限公司」進行商品化製作。

圖 3. 電動鼓風式噴霧機前視圖

圖 4. 電動鼓風式噴霧機於葡萄園進行噴霧作業

(三) 介質碎石分離處理機

臺灣文心蘭切花以盆栽生產管理，每分地 9,000-10,000 盆，並以碎石或混搭木炭、樹皮等為介質，每隔 5-7 年汰換老株以確保切花品質。現階段碎石與植株分離多仰賴人力為之 (圖 5)，每小時處理 30-50 盆，相當辛苦與費工。本場研究團隊參酌茶葉炒菁機作業原理 (圖 6)，設計研製 1 組介質碎石分離處理機，以筒壁具 3 cm 孔洞、可調速的迴轉滾筒及相關配件所組成，操作時由人工脫盆後，將老舊植株投入滾筒內，經迴轉攪動可將碎石與植株分離，碎石自滾筒壁下方的孔洞中篩出，植株則藉由傾斜滾筒與筒內具螺旋狀排列的圓鐵撥片向後方輸送。包括手推電力驅動 (圖 7) 及車載驅動 (圖 8) 2 種機型，前者具有 4 個支撐輪、採用交流馬達驅動，設計將篩出的碎石以錐形斗集中，再由傾斜輸送帶導出裝籃 (袋)；後者則逕置於農用搬運車上，以既有引擎動力經變速箱組或串聯蓄電池經直流馬達帶動傳遞至滾筒迴轉，篩出的碎石以平面輸送帶橫向單側送出，再予以收集或後續應用，整體作業效率較人工快達 3 倍以上。

本項研發成果已獲得我國新型專利「滾筒式分離裝置」 (證號 M624671)，並完成非專屬技術授權予「東星辰企業社」進行商品化製作，除文心蘭作業應用外，也適合於以碎石 (磚) 為介質之國蘭盆栽廢棄清園時使用，以及在堆肥舍搭配輸送帶等裝置將堆肥進行篩選、分級機械化作業，惟該標的作物或作業項，所需滾筒與其孔洞之尺寸規格、傾斜角與迴轉速度等須適度修飾或客製化調配，方具多功能與多樣化運用。

圖 5. 人力分離碎石與植株

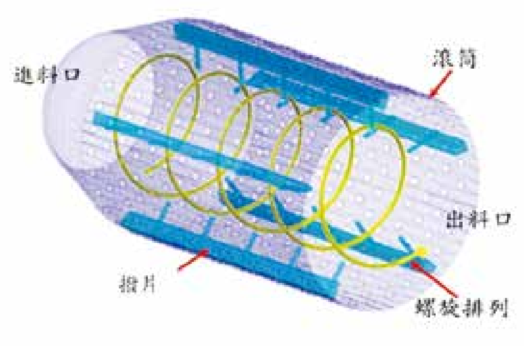

圖 6. 分離處理機作業原理

圖 7. 手推電力驅動式

圖 8. 車載驅動式

(四) 穴盤苗移苗機

在穴盤苗的應用下，農業生產不僅達到集約化的管理模式，也提升苗株的存活率及品質，使作物產量持續提升，然而在農業高齡化及勞動力短缺的課題下，現行需以人工進行移植作業的穴盤苗則面臨挑戰。本場針對近年來發展快速的洋桔梗產業著手，搭配水耕栽培場域，研製 1 台水耕洋桔梗自動移植機 (圖 9)，實現可自動化將苗株自穴盤移至水耕用保麗龍盤之承苗杯中，達到穴盤苗頂起、苗株夾取、苗株移行及等距擴大、苗株置入保麗龍盤等 4 項功能，完成移植作業。機具在整體作業成功率皆可達 9 成以上，平均 42.6 sec 完成 12 株苗之移植作業，17 min 45 sec 完成 1 盤 288 格穴盤，2 min 21 sec 完成 1 盤 40 格保麗龍盤。目前機具已於實地場域測試操作，以符合實際栽培管理需求及減輕農民成本負擔為目標，落實產業機械化省工，減輕農民栽培辛勞，提升生產規模及經濟效益。

本項研發成果已獲得 2 項我國新型專利「植物頂起裝置」 (證號 M636649) 及「植物抓取裝置」 (證號 M638295)，其作為移植苗株之關鍵機構 (圖 10)。植物頂起裝置提供固定穴盤並具頂苗之功能，使苗株介質與穴盤分離，以利後續作業 (圖 11) ；植物抓取裝置提供夾放苗株之功能，並可梳理葉片，保留苗株完整 (圖 12)。以上完成非專屬技術授權予「全裕機械廠有限公司」進行商品化製作，其成果可不限定洋桔梗單一作物，可更廣泛的應用在水耕栽培蔬菜穴盤苗或規格化之介質栽培苗株移植作業，確具潛力與發展性。

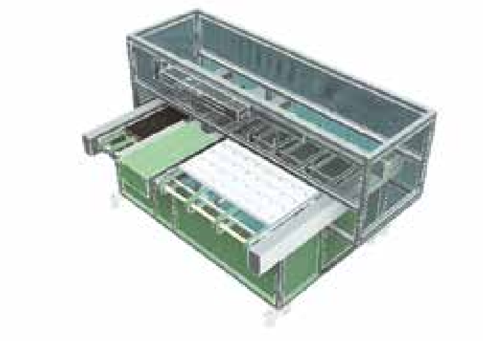

圖 9. 水耕洋桔梗自動移植機

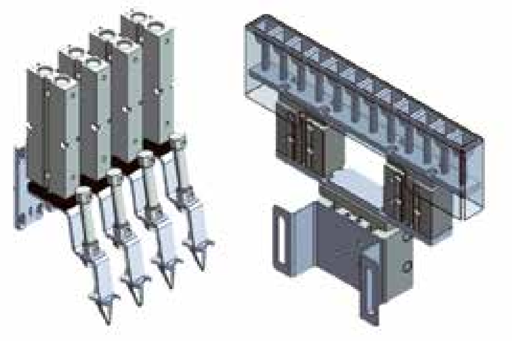

圖 10. 植物抓取裝置 (左) 與植物頂起裝置 (右)

圖 11. 穴盤苗頂起之情況

圖 12. 穴盤苗夾取之情況

四、結論與建議

本場針對園藝作物之生產過程，透過農民需求研發與應用多種電動、省工機械，有效提升農業生產效率及環保效益。研製電動施肥機、電動鼓風式噴霧機、介質碎石分離處理機及穴盤苗移苗機等機具之開發，不僅改善傳統人工操作辛勞，同時降低碳排放，實現節能減碳之目標。具體而言，電動施肥機可提高施肥效率至 4 倍以上，並顯著減少碳排放與能源費用；電動鼓風式噴霧機則達到 96.9% 的碳排減量，且降低作業噪音和高溫廢氣的危害；介質碎石分離處理機使文心蘭和國蘭等盆栽管理流程機械化，提升作業效率超過 3 倍；穴盤苗移苗機在自動化移植作業中，達到高效且穩定的操作成效，顯著減輕了人工移植的負擔。

建議未來持續強化這些技術的優化與多樣化應用，開發更多適合不同作物需求的專用機具，並推廣至農友及生產者群體。推動產學研合作，可擴展技術在實際生產中的應用，並促進相關技術之商品化進程。此外，因應氣候變遷議題提供相對應之鼓勵措施與與支持，以鼓勵農民採用高效能、低碳排的農機，實現產業的現代化轉型與永續發展目標。透過不斷創新與實踐，預期未來中部地區的農業生產將更具競爭力，並有效減輕高齡化與勞動力短缺對農業生產的衝擊。

參考文獻

1. 田雲生、張金元。2017。手推式施肥機之研製。臺中區農業改良場研究彙報。134: 11-19。
2. 田雲生、張金元。2018。手扶自走式施肥機之研製。臺中區農業改良場研究彙報。139: 53-63。
3. 行政院農業委員會農業試驗所。2002。永三源牌 YSY316 型自走鼓風式噴藥機性能測定報告。臺中市，臺灣。
4. 呂英石、李新濤、陳昱全、鄭經偉。2003。可調整式花卉穴盤苗假植機構之研究。農業機械學刊。洋桔梗主題館-農業知識入口網，網址：https://kmweb.coa.gov.tw/subject/index.php?id=64。
5. 林永順、謝清祿。2006。自走式鼓風噴霧車在番荔枝果園施藥技術之研究。農業機械學刊 15(4): 1-10。
6. 洪揄宸、張金元、李東霖。2022。洋桔梗穴盤苗移植機構之研發。p.49-51。2022 生機與機械學術研討會論文集。
7. 財團法人工業技術研究院。2024。產品碳足跡資訊網，網址：https://cfp-calculate.tw/。
8. 陳令錫、田雲生、張旭志、何榮祥。2008。電動自走鼓風噴霧機之開發。臺中區農業改良場研究彙報 99: 51-59。
9. 張智富。1997。穴盤種苗假植機構控制系統之研究。中興大學農業機械工程研究所碩士論文。
10. 蔡宛育、陳彥樺、陳姿翰。2012。國內洋桔梗產銷概況。洋桔梗栽培及利用專刊。臺中區農業改良場特刊第 110 號。p.4-11。行政院農業委員會臺中區農業改良場編印。
11. 鄭經偉、黃裕益、陳衍君。1997。氣壓式假植機之研製(I)－設計與試驗。農業機械學刊 6(4): 49-60。
12. 鄭經偉、黃裕益、陳衍君、欒家敏。1998。氣壓式假植機之研製(II)－移載之定位控制。農業機械學刊 7(3) : 75-84。
13. 龍國維。2001。菊花盤苗自動插苗機之研究。臺中區農業改良場研究彙報。72: 1-27。
14. Current Robotics Reports. 2023. Robotics and Autonomous Systems for Net Zero Agriculture. Springer.
15. Fox, R. D., Derksen, R. C., Zhu, H., Brazee, R. D., Svensson, S. A. 2008 A history of air-blast sprayer development and future prospects. Transactions of the ASABE Vol. 51(2): 405-410.
16. International Council on Clean Transportation. 2021. Impact of Using Electric Vehicles on Carbon Emissions. IEEE Xplore.

Development and Application of Labor-Saving Agricultural Machinery for Horticultural Crops in Central Taiwan

Yun-Sheng Tien[1] Chin-Yuan Chang[2] Chia-Wei Chang[3] Nai-Ching Hsu[4]

[1] Researcher and Section Chief of Taichung DARES, MOA.
[2] Associate Researcher of Taichung DARES, MOA.
[3] Assistant Researcher of Taichung DARES, MOA.
[4] Associate Technician of Taichung DARES, MOA.

ABSTRACT

Taichung District Agricultural Research and Extension Station has developed various labor-saving and automated agricultural machinery tailored to the needs of horticultural crop management in central region. This effort addresses labor shortages, an aging population, and aims to achieve agricultural carbon neutrality by 2040. This article introduces four research innovations: an electric fertilization device, an electric blast spray truck, a media-stone separation processor, and the transplanting machine of plug seedlings. The electric fertilization device combines self-propelled and blower-assisted fertilizer spreading functions, enhancing efficiency by up to 4 times, reducing carbon emissions by 71%, and saving 76% on energy costs. The electric blast spray truck replaces engine power with fully electric, independently motorized components, reducing carbon emissions by 96.9%, lowering noise, temperature, and vibration, and improving the working environment. The media-stone separation processor is used for potted plant, such as with Oncidium. It uses a rotary drum to separate stones from plants, improving efficiency by 3 times, and also suitable for other potted plants and compost screening. The transplanting machine of plug seedlings automates the lifting, clamping, moving, and placing seedlings, achieving a success rate of over 90%, advancing automation in production and cultivation fields. These agricultural machines significantly improve operational efficiency, reduce labor demands, and lower carbon emissions. Future efforts should continue to optimize technology and promote applications while fostering cross-domain cooperation among industry, academia and research institutions, and encourages farmers to adopt electric and low-carbon agricultural machinery, facilitating the modernization and sustainable development of agriculture.

Keywords: Labor-saving, carbon reduction, electrification, mechanization, fertilization, blower spraying, transplanting.